

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

### COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 16 DEC. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

Best Available Copy

#### DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr



INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

cerfa  
N° 11354\*02

### REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

page 1/2

BR1

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire DB 540 G W / 010501

Réserve à l'INPI

REMISE DES PIÈCES  
DATE 10 DEC 2002  
LIEU 75 INPI PARIS  
N° D'ENREGISTREMENT  
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI  
DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE  
PAR L'INPI

0215570

10 DEC. 2002

Vos références pour ce dossier  
(facultatif) JC/CLN

NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE  
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE  
1 et 4 avenue de Bois Préau  
92852 Rueil-Malmaison cedex

Confirmation d'un dépôt par télécopie

N° attribué par l'INPI à la télécopie

#### 2. NATURE DE LA DEMANDE

Cochez l'une des 4 cases suivantes

Demande de brevet

Demande de certificat d'utilité

Demande divisionnaire

Demande de brevet initiale

N° Date

ou demande de certificat d'utilité initiale

N° Date

Transformation d'une demande de  
brevet européen Demande de brevet initiale

N° Date

#### 3. TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)

METHODE POUR MODELISER DES CARACTÉRISTIQUES HYDRODYNAMIQUES D'ÉCOULEMENTS  
POLYPHASIQUES PAR RESEAUX DE NEURONES

#### 4. DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

Pays ou organisation

Date

N°

S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

#### 5. DEMANDEUR (Cochez l'une des 2 cases)

Personne morale  Personne physique

Nom  
ou dénomination sociale

INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE

Prénoms

Organisme Professionnel

Forme juridique

N° SIREN

Code APE-NAF

Domicile  
ou  
siège

Rue

1 et 4 avenue de Bois Préau

Code postal et ville

19 128 512 Rueil-Malmaison cedex

Pays

France

Nationalité

Française

N° de téléphone (facultatif)

01 47 52 60 00

N° de télécopie (facultatif) 01 47 52 70 03

Adresse électronique (facultatif)

S'il y a plus d'un demandeur, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»

Remplir impérativement la 2<sup>me</sup> page

**BREVET D'INVENTION  
CERTIFICAT D'UTILISATION**

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**  
page 2/2

**BR2**

REPRISE DES PIÈCES  
DATE 10 DEC 2002  
LIEU 75 INPI PARIS

Réervé à l'INPI

0215570

08 540 8 W / 010501

N° D'ENREGISTREMENT  
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

Vos références pour ce dossier :  
( facultatif )

JC/CLN

**6 MANDATAIRE (s'il y a lieu)**

Nom

ELMALEH

Prénom

Alfred

Cabinet ou Société

INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE

N° de pouvoir permanent et/ou  
de lien contractuel

1 et 4 avenue de Bois Préau

Adresse

Rue

19 2 18 15 12 Rueil-Malmaison cedex

Code postal et ville

France

Pays

01 47 52 60 00

N° de téléphone ( facultatif )

01 47 52 70 03

N° de télécopie ( facultatif )

Adresse électronique ( facultatif )

Les inventeurs sont nécessairement des personnes physiques.

**7 INVENTEUR (S)**

Les demandeurs et les inventeurs  
sont les mêmes personnes

Oui

Non : Dans ce cas remplir le formulaire de Désignation d'inventeur(s)  
Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)

**8 RAPPORT DE RECHERCHE**

Établissement immédiat  
ou établissement différé

Oui

Non

Uniquement pour les personnes physiques effectuant elles-mêmes leur propre dépôt

Paiement échelonné de la redevance  
(en deux versements)

Oui

Non

Uniquement pour les personnes physiques  
 Requise pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition)  
 Obtenue antérieurement à ce dépôt pour cette invention (joindre une copie de la  
décision d'admission à l'assistance gratuite ou indiquer sa référence) : AG

**9 RÉDUCTION DU TAUX  
DES REDEVANCES**

Si vous avez utilisé l'imprimé « Suite »,  
indiquez le nombre de pages jointes

VISA DE LA PRÉFECTURE  
OU DE L'INPI

**10 SIGNATURE DU DEMANDEUR  
OU DU MANDATAIRE**  
(Nom et qualité du signataire)  
Alfred ELMALEH,  
Directeur - Propriété Industrielle

### **Désignation du domaine technique**

La présente invention concerne une méthode pour modéliser en temps réel par des réseaux de neurones, des caractéristiques hydrodynamiques d'écoulements polyphasiques 10 en phase transitoire dans des conduites.

La méthode trouve des applications notamment pour la modélisation des écoulements d'hydrocarbures dans des conduites pétrolières.

### **Etat de la technique**

15 L'acheminement des hydrocarbures depuis les sites de production jusqu'aux unités de traitement constitue un maillon important de la chaîne pétrolière. C'est un maillon délicat en raison de la complexité des interactions entre les phases constituant les effluents transportés. Les opérateurs ont pour objectif premier d'atteindre une productivité optimale dans les meilleures conditions de sécurité. Ils doivent donc gérer au mieux la vitesse et la température, pour éviter des pertes de charges superflues, des dépôts indésirables et des 20 irrégularités d'écoulement. La méthode généralement utilisée consiste à modéliser au mieux le transport de flux polyphasiques complexes de façon à fournir à chaque instant une image des écoulements dans les différentes parties de la chaîne de production, tenant compte de la constitution précise de l'effluent, les débits et pressions et les régimes d'écoulement.

25 Il existe actuellement différents outils logiciels de simulation du transport de flux polyphasiques complexes, permettant à un stade précoce de concevoir des équipements de production adaptés.

Par les brevets US 5 550 761, FR 2.756.044 (US 6 028 992) et FR 2 756 045 (US 5 960 187) du demandeur, notamment, on connaît des méthodes et outils de modélisation permettant de simuler le transport de flux polyphasiques complexes en régime permanent ou transitoire et capables de prendre en compte des phénomènes 5 d'instabilité qui se produisent du fait de la géométrie irrégulière du terrain où passe la conduite ou de la topographie de celle-ci, que les spécialistes désignent par « terrain slugging » ou « severe slugging ».

La complexité des outils de simulation est à l'image de celle des phénomènes modélisés. Précision et performances ne peuvent être obtenues qu'après un temps de 10 modélisation relativement important qui s'avère difficilement compatible avec une gestion en temps réel.

Une autre approche permettant seule ou en parallèle avec les méthodes de modélisation ci-dessus, de gérer en temps réel des paramètres d'une circulation de fluides met en œuvre des réseaux neuronaux.

15 Les réseaux neuronaux définissent on le rappelle un mode de traitement de données simulant le fonctionnement des systèmes de neurones biologiques. Dans de tels réseaux, un élément réalise un calcul relativement simple tel qu'une somme pondérée des signaux présents à ses entrées appliquée à une fonction non-linéaire, qui détermine l'état de sa sortie. On utilise un nombre important de tels éléments interconnectés en série et en 20 parallèle. Un choix convenable des facteurs de pondération permet au réseau de réaliser des fonctions complexes. Les réseaux dits à rétropropagation par exemple utilisent des couches multiples d'éléments définis ci-dessus. L'adaptation d'un tel réseau à une tâche précise est faite en « entraînant » le réseau sur un certain nombre d'exemples et en ajustant les facteurs de pondération pour chaque élément aux valeurs qui conviennent. On présente 25 des valeurs d'entrée au réseau, on analyse la valeur de sortie produite par le réseau et on modifie les facteurs de pondération pour minimiser au mieux l'écart entre la valeur effective à la sortie et la valeur attendue dans l'exemple choisi. Après un entraînement suffisant, le réseau est adapté à répondre à de nouvelles valeurs d'entrée pour lesquelles la valeur de sortie n'est pas connue a priori et à produire une valeur de sortie adaptée. Dans 30 son principe, un réseau de neurones procède selon une méthode de régression non linéaire, d'autant plus performante par rapport aux méthodes classiques. Deux types de réseaux

peuvent être mis en œuvre, les réseaux MLP (Multi Layer Perceptron) principalement ou les réseaux de Kohonen, bien connus des spécialistes.

Par le brevet EP1 176 481 du demandeur, on connaît une méthode pour estimer en temps réel le régime d'écoulement en tout point d'une conduite de structure définie par un 5 certain nombre de paramètres structurels et physiques, d'une veine de fluide polyphasique définie par plusieurs grandeurs physiques et comprenant des phases liquides et gazeuses. Suivant cette méthode, on réalise une modélisation du régime d'écoulement en formant un réseau neuronal non linéaire avec une couche d'entrée avec autant d'entrées que de paramètres de structure et de grandeurs physiques, une couche de sortie avec autant de 10 sorties que de grandeurs nécessaires à l'estimation du régime d'écoulement et au moins une couche intermédiaire, en constituant une base d'apprentissage avec des tables prédéfinies reliant différentes valeurs obtenues pour les données de sortie aux valeurs correspondantes des données d'entrée, et en déterminant par itérations des facteurs de pondération de la fonction d'activation permettant de relier correctement les valeurs dans les tables des 15 données d'entrée et de sortie.

De préférence, on analyse des données de sortie des neurones de façon à trier, parmi les valeurs des données de sortie du réseau de neurones, les seules données pertinentes à prendre en compte dans la détermination itérative des coefficients de pondération de la fonction d'activation.

20 Par le brevet EP 1 217 474 également du demandeur, on connaît une méthode permettant de construire un module (hydrodynamique ou thermodynamique par exemple) le mieux adapté à des conditions opératoires fixées dépendant de la structure de la conduite, et sur un ensemble de grandeurs physiques définies (grandeur hydrodynamiques ou thermodynamiques par exemple), avec des gammes de variation fixées pour les 25 paramètres et les grandeurs physiques. On adapte la base d'apprentissage aux conditions opératoires imposées et on génère des réseaux neuronaux optimisés s'ajustant au mieux aux conditions opératoires imposées. Dans le cas, par exemple, où le module doit être intégré à un modèle général à la fois hydrodynamique et thermodynamique de simulation d'écoulements polyphasiques, on utilise le modèle pour former la base d'apprentissage, de manière à sélectionner l'ensemble de grandeurs physiques le mieux adapté au fonctionnement du modèle, ainsi que les gammes de variation fixées pour les dits 30

paramètres et les dites grandeurs physiques, et l'on génère les réseaux neuronaux optimisés s'ajustant au mieux à la base d'apprentissage formée.

Dans les méthodes antérieures citées, on considère les écoulements de façon globale, sans faire de distinction selon les différents régimes possibles d'écoulement des fluides dans la conduite : écoulements stratifiés, écoulements dispersés, écoulements intermittents, dont les comportements sont différents. Ceci peut générer des erreurs de modélisation parfois trop importantes vis-à-vis de la qualité d'estimation requise pour le suivi de production. De plus, elles ne tiennent pas compte de l'existence de modèles simples (par exemple des modèles analytiques) traduisant sous forme mathématique des caractéristiques d'un (ou plusieurs) régime(s) d'écoulement.

#### La méthode selon l'invention

La méthode selon l'invention a pour objet la construction d'un modèle pour simuler en temps réel le comportement hydrodynamique d'un écoulement de fluides polyphasiques en phase transitoire dans une conduite, compte tenu de conditions opératoires fixées portant sur un certain nombre de paramètres structurels définis relatifs à la conduite, et d'un ensemble de grandeurs physiques définies, avec des gammes de variation fixées pour les dits paramètres et les dites grandeurs physiques. Des réseaux de neurones sont utilisés avec des entrées pour des paramètres de structure et des grandeurs physiques, et des sorties où sont disponibles des résultats nécessaires à l'estimation du comportement hydrodynamique, et au moins une couche intermédiaire, les réseaux neuronaux étant déterminés itérativement pour s'ajuster aux valeurs d'une base d'apprentissage avec des tables prédéfinies reliant différentes valeurs obtenues pour les données de sortie aux valeurs correspondantes des données d'entrée.

#### La méthode comporte :

25 - la construction de plusieurs réseaux neuronaux dédiés respectivement à des régimes différents d'écoulement des fluides ;

- la construction d'un réseau neuronal de probabilité adapté à évaluer à tout instant les probabilités que l'écoulement dans la conduite corresponde respectivement aux différents régimes d'écoulement ; et

- la combinaison des résultats fournis par les différents réseaux neuronaux pondérés par les dites probabilités.

5 Suivant un exemple de mise en œuvre, la méthode comporte la construction d'au moins trois réseaux neuronaux dédiés respectivement au régime d'écoulement stratifié, au régime d'écoulement dispersé et au régime d'écoulement intermittent, on évalue les probabilités que l'écoulement des fluides dans la conduite corresponde respectivement aux trois régimes d'écoulement et on combine linéairement les résultats aux sorties des trois réseaux neuronaux dédiés en les pondérant par les dites probabilités.

10 Quand la base de données disponible est suffisamment détaillée pour distinguer des sous-régimes à l'intérieur d'un même régime d'écoulement, on construit un réseau neuronal de probabilité ( $RN_{Proba}$ ) adapté à évaluer à tout instant les probabilités que l'écoulement dans la conduite corresponde respectivement aux différents sous-régimes d'écoulement distingués dans les différents régimes d'écoulement, et, on combine les résultats fournis par les différents réseaux neuronaux en les pondérant par les dites probabilités.

15 Les résultats d'estimation obtenus sont d'autant plus précis :

- qu'on développe un modèle neuronal par régime ou sous-régime d'écoulement, ce qui permet de prendre en compte les particularités de la physique contenue dans chacune des lois représentées ; et
- que le lien continu et dérivable (au sens mathématique) qui permet la transition entre les différentes lois, est créé par un réseau de neurones ou expert spécifique.

20 Par ailleurs, la méthode conserve la capacité des méthodes précédentes citées à effectuer la simulation des écoulements en temps réel, et les résultats obtenus tirent profit de la régularité de la fonction d'estimation obtenue.

#### Présentation succincte des figures

25 Les caractéristiques et avantages de la méthode selon l'invention, apparaîtront plus clairement à la lecture de la description ci-après d'un exemple non limitatif de réalisation, en se référant aux dessins annexés où :

- la figure 1 montre un exemple de structure de modèle ; et
- la figure 2 montre un exemple de structure de chacun des réseaux de neurones de la figure 1.

### DESCRIPTION DÉTAILLÉE DE LA MÉTHODE

5 On considère une circulation de fluides polyphasiques dans une conduite avec au moins une phase liquide et au moins une phase gazeuse, et l'on cherche à construire un modèle permettant, à partir d'un certain nombre de données d'entrées géométriques et physiques relatives à la conduite et de données physiques sur les fluides, de donner à chaque instant et pour chaque section de la veine fluide une estimation du régime 10 d'écoulement. A cet effet, comme on l'a vu, on utilise pour une grandeur donnée  $S$  (Fig.1) différents réseaux neuronaux adaptés spécifiquement à différents régimes d'écoulement  $N_{flows}$  au sein de la conduite. On construit par exemple un réseau expert  $E_{Stra}$ , modélisant spécifiquement les écoulements stratifiés, un autre,  $E_{Int}$ , modélisant spécifiquement les écoulements intermittents et un troisième,  $E_{Disp}$ , modélisant spécifiquement les 15 écoulements dispersés. On construit également un modèle neuronal  $RN_{Prob}$  chargé spécifiquement d'évaluer à chaque instant la probabilité  $p_{Stra}$ ,  $p_{Int}$ , et  $p_{Disp}$ . Si  $S_{Stra}$ ,  $S_{Int}$  et  $S_{Disp}$  sont respectivement les valeurs en sortie des trois experts, on construit alors une 20 fonction d'évaluation  $\hat{S}$  telle que :

$$\hat{S} = p_{Stra} S_{Stra} + p_{Disp} S_{Disp} + p_{Int} S_{Int}$$

20 Entrées et sorties des différents modèles neuronaux ou experts composant le modèle hydrodynamique :

Quel que soit le modèle neuronal considéré, les données d'entrée sont issues :

- de données géométriques : diamètre de la conduite, rugosité, inclinaison, etc.,
- de données décrivant les caractéristiques du fluide : masses volumiques des phases, 25 viscosités des phases, etc.,
- de données caractérisant le mélange : fraction de gaz, tension superficielle gaz/liquide, etc.,

- de combinaisons linéaires ou non linéaires de ces entrées,
- mais aussi de modèles simplifiés, continus ou non, contenant une information sur la physique du mélange.

Chaque modèle produit par exemple en sortie le comportement hydrodynamique des effluents, et, notamment, le régime d'écoulement. Il évalue et délivre sur deux sorties principales, des données hydrodynamiques dans la partie de conduite dont on souhaite déterminer le régime d'écoulement, la différence  $dV$  de vitesse entre gaz et liquide par exemple, la perte de charge linéaire  $\partial P/\partial x$  ou la fraction  $\beta$  ( $\beta \in [0 ; 1]$ ) d'écoulement du régime traité par lui. D'autres grandeurs qualifiant le régime d'écoulement peuvent être calculées à partir de ces deux sorties.

Les sorties fournies par les experts sont essentiellement les différences de vitesse entre les phases, sous l'hypothèse d'un certain régime d'écoulement (par exemple, l'expert Stratifié délivre l'estimation de la différence de vitesse entre les phases dans l'hypothèse d'un écoulement stratifié).

Les sorties fournies par le réseau de probabilités est la probabilité d'appartenance à chacun des régimes d'écoulement traités par les réseaux experts, connaissant les entrées.

### Structure des réseaux

Les différents réseaux de neurones ou experts dédiés aux différents régimes d'écoulement sont de préférence des réseaux de type Multi Layer Perceptron (MLP) bien connus des gens de l'art, estimant généralement une grandeur hydrodynamique. Ils comportent chacun (Fig.2) une couche d'entrée composée d'un certain nombre  $N_i$  de neurones correspondant à  $N_i$  données d'entrée du modèle physique complet, une couche de sortie d'un neurone par exemple correspondant au paramètre recherché ( $dV$ ,  $\partial P/\partial x$  ou  $\beta$ ), et au moins une couche intermédiaire, dite couche cachée, dont le nombre de neurones  $N_c$  est optimisé. Le nombre de couches cachées et le nombre de neurones qui les composent, sont déterminés à partir des résultats d'apprentissage et de validation des réseaux. Le réseau est totalement connecté. La non linéarité de ce réseau est obtenue soit par une fonction d'activation sigmoïde régissant le comportement des neurones de la couche cachée, soit la fonction identité ou la fonctions softmax pour la couche de sortie.

Les réseaux de neurones comportent une couche d'entrée, une ou deux couches cachées, et une couche de sortie. Les fonctions d'activation des différents neurones, bien connues des gens de l'art, sont soit la fonction sigmoïde (pour les couches cachées), soit la fonction identité ou la fonction softmax (pour les couches de sortie).

## 5 Apprentissage

Les poids de chacun des réseaux ou experts sont déterminés à l'issue d'une phase d'apprentissage ; au cours de cette phase, on les nourrit d'un ensemble de données constituant leur base d'apprentissage, et on optimise la configuration et les poids du réseau en minimisant des erreurs constatées pour l'ensemble des échantillons de la base, entre les 10 données de sortie issues du calcul du réseau et les données attendues à la sortie, données par la base. Les erreurs peuvent être les erreurs absolues entre les grandeurs d'entrée et de sortie ou les erreurs relatives, selon la performance désirée pour le réseau. Les facultés de généralisation du réseau sont ensuite testées sur sa capacité à bien calculer les deux sorties pour des entrées qui lui sont inconnues.

15 Les bases de données utilisées sont de différentes natures :

- pour l'estimation de la différence de vitesse  $dV$  ou de la perte de charge, chaque base contient des couples de valeurs d'entrées/sorties, chaque valeur de sortie étant la valeur désirée de la grandeur estimée dans le cas du régime d'écoulement traité par le réseau dédié ;
- 20 - pour l'estimation des probabilités, la sortie souhaitée est un vecteur de grandeur égale au nombre  $N_{flows}$  de régimes d'écoulements considérés (dans l'exemple de la figure 1, le vecteur est de dimension 3) ; ce vecteur contient  $(N_{flows} - 1)$  valeurs nulles, et une valeur égale à 1, qui correspond à la probabilité que le régime d'écoulements des fluides dans la conduite corresponde à celui dont s'occupe le réseau de neurones dédié.

25 Dans l'exemple que l'on a décrit, on a considéré trois régimes d'écoulement différents : stratifié, intermittent et dispersé. Ceci n'est nullement limitatif. Dans le cas où l'on possède des données plus détaillées permettant de faire des distinctions à l'intérieur d'un même régime d'écoulement, comme par exemple de séparer ce qui relève dans le régime stratifié, du stratifié à vagues ou du stratifié lisse, il est préférable de créer des 30 experts spécifiques modélisant chacun de ces sous-régimes.

## Résultats

Avec la mise en œuvre d'une telle modélisation, on obtient un modèle hydrodynamique transitoire continu et infiniment dérivable qui calcule en temps réel les principales grandeurs hydrodynamiques caractérisant l'écoulement. La fonction 5 d'estimation des probabilités permet de créer une loi hydrodynamique globale à partir des différentes lois d'écoulement modélisée par les différents modèles neuronaux dédiés. La transition entre deux lois d'écoulement est plus ou moins raide (dérivée plus ou moins forte) selon la précision donnée à l'estimation des probabilités, mais elle est continue, ce qui élimine les possibles incertitudes dans les résultats du modèle liées à l'existence des 10 discontinuités. Le modèle global est adapté soit à une utilisation indépendante de tout autre module, soit à une intégration dans un modèle complet.

## REVENDICATIONS

1) Méthode pour modéliser en temps réel le comportement hydrodynamique d'un écoulement de fluides polyphasiques en phase transitoire dans une conduite, compte tenu de conditions opératoires fixées portant sur un certain nombre de paramètres structurels 5 définis relatifs à la conduite, et d'un ensemble de grandeurs physiques définies, avec des gammes de variation fixées pour les dits paramètres et les dites grandeurs physiques, par des réseaux de neurones avec des entrées pour des paramètres de structure et des grandeurs physiques, et des sorties où sont disponibles des résultats nécessaires à l'estimation du comportement hydrodynamique, et au moins une couche intermédiaire, les réseaux 10 neuronaux étant déterminés itérativement pour s'ajuster aux valeurs d'une base d'apprentissage avec des tables prédefinies reliant différentes valeurs obtenues pour les données de sortie aux valeurs correspondantes des données d'entrée, caractérisée en ce qu'elle comporte :

- la construction de plusieurs réseaux neuronaux ( $E_{Sira}$ ,  $E_{Disp}$ ,  $E_{Int}$ ) dédiés 15 respectivement à des régimes différents d'écoulement des fluides ;
- la construction d'un réseau neuronal de probabilité ( $RN_{Proba}$ ) adapté à évaluer à tout instant les probabilités que l'écoulement dans la conduite corresponde respectivement aux différents régimes d'écoulement ; et
- la combinaison des résultats fournis par les différents réseaux neuronaux pondérés par 20 les dites probabilités.

2) Méthode selon la revendication 1, caractérisée en ce que l'on construit au moins trois réseaux neuronaux dédiés respectivement aux régimes d'écoulement stratifié, d'écoulement dispersé et d'écoulement intermittent, on évalue les probabilités que l'écoulement des fluides dans la conduite corresponde respectivement aux trois régimes 25 d'écoulement et on combine linéairement les résultats aux sorties des trois réseaux neuronaux dédiés en les pondérant par les dites probabilités.

3) Méthode selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que, quand la base de données disponible est suffisamment détaillée pour distinguer des sous-régimes à l'intérieur d'un même régime d'écoulement, on construit un réseau neuronal de probabilité

( $RN_{Proba}$ ) adapté à évaluer à tout instant les probabilités que l'écoulement dans la conduite corresponde respectivement aux différents sous-régimes d'écoulement distingués dans les différents régimes d'écoulement, et, on combine les résultats fournis par les différents réseaux neuronaux en les pondérant par les dites probabilités.

FIG.1

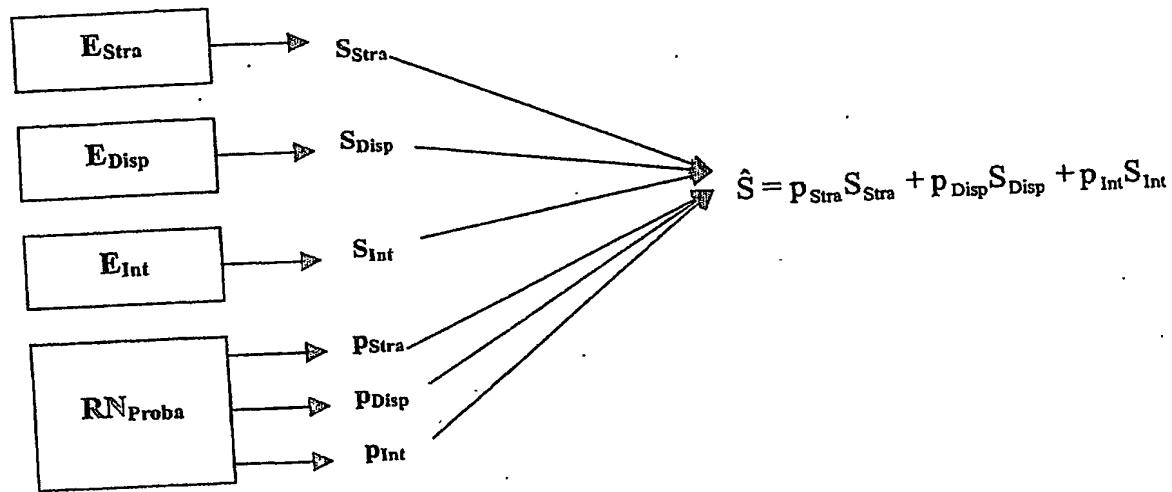
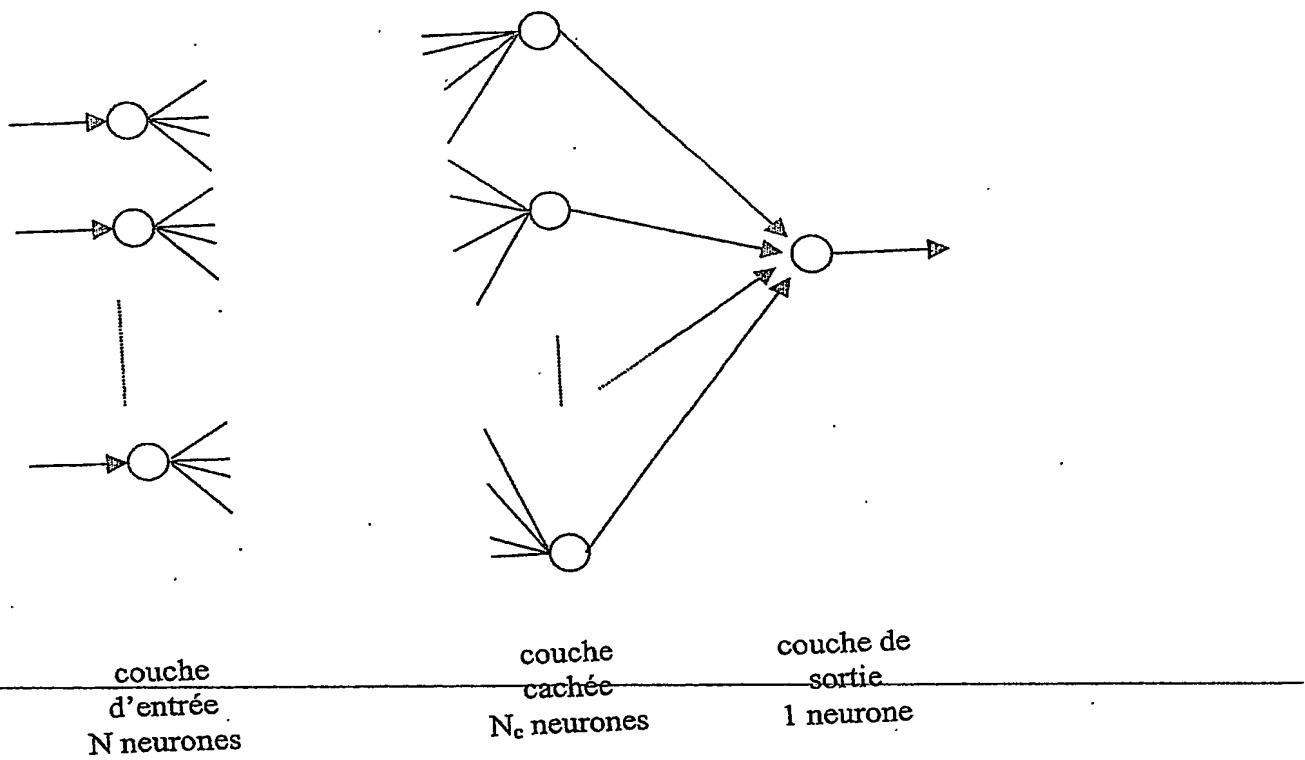


FIG.2



**DÉPARTEMENT DES BREVETS**

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1.../1...**

(À fournir dans le cas où les demandeurs et  
les inventeurs ne sont pas les mêmes personnes)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 3 W / 270501

**INV**

<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b>		JC/CLN																																										
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		0215570																																										
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)																																												
METHODE POUR MODELISER DES CARACTERISTIQUES HYDRODYNAMIQUES D'ECOULEMENTS POLYPHASIQUES PAR RESEAUX DE NEURONES																																												
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>																																												
INSTITUT FRANCAIS DU PETROLE																																												
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b>																																												
<table border="1"> <tr> <td colspan="2"><b>Nom</b></td> <td>REY-FABRÉT</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Prénoms</b></td> <td>Isabelle</td> </tr> <tr> <td rowspan="2"><b>Adresse</b></td> <td>Rue</td> <td>48, rue Champ Lagard</td> </tr> <tr> <td>Code postal et ville</td> <td>78100 Versailles</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>Société d'appartenance (facultatif)</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Nom</b></td> <td>HENRIOT</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Prénoms</b></td> <td>Véronique</td> </tr> <tr> <td rowspan="2"><b>Adresse</b></td> <td>Rue</td> <td>5, rue Yves du Manoir</td> </tr> <tr> <td>Code postal et ville</td> <td>92150 Rueil-Malmaison</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>Société d'appartenance (facultatif)</b></td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Nom</b></td> <td>TRAN</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Prénoms</b></td> <td>Quang-Huy</td> </tr> <tr> <td rowspan="2"><b>Adresse</b></td> <td>Rue</td> <td>4, rue Henri Dunant</td> </tr> <tr> <td>Code postal et ville</td> <td>92150 Rueil-Malmaison</td> </tr> <tr> <td colspan="3"><b>Société d'appartenance (facultatif)</b></td> </tr> </table>			<b>Nom</b>		REY-FABRÉT	<b>Prénoms</b>		Isabelle	<b>Adresse</b>	Rue	48, rue Champ Lagard	Code postal et ville	78100 Versailles	<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			<b>Nom</b>		HENRIOT	<b>Prénoms</b>		Véronique	<b>Adresse</b>	Rue	5, rue Yves du Manoir	Code postal et ville	92150 Rueil-Malmaison	<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>			<b>Nom</b>		TRAN	<b>Prénoms</b>		Quang-Huy	<b>Adresse</b>	Rue	4, rue Henri Dunant	Code postal et ville	92150 Rueil-Malmaison	<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>		
<b>Nom</b>		REY-FABRÉT																																										
<b>Prénoms</b>		Isabelle																																										
<b>Adresse</b>	Rue	48, rue Champ Lagard																																										
	Code postal et ville	78100 Versailles																																										
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>																																												
<b>Nom</b>		HENRIOT																																										
<b>Prénoms</b>		Véronique																																										
<b>Adresse</b>	Rue	5, rue Yves du Manoir																																										
	Code postal et ville	92150 Rueil-Malmaison																																										
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>																																												
<b>Nom</b>		TRAN																																										
<b>Prénoms</b>		Quang-Huy																																										
<b>Adresse</b>	Rue	4, rue Henri Dunant																																										
	Code postal et ville	92150 Rueil-Malmaison																																										
<b>Société d'appartenance (facultatif)</b>																																												
S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez plusieurs formulaires. Indiquez en haut à droite le N° de la page suivi du nombre de pages.																																												
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> <b>(Nom et qualité du signataire)</b>																																												
Alfred ELMALEH, Directeur - Propriété Industrielle																																												



PCT Application  
**PCT/FR2003/003583**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.